



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Brammen insbesondere aus Stahl, mit Hilfe einer Plattenkokille, die aus wassergekühlten, verstellbaren Schmalseitenwänden, die zwischen wassergekühlten Breitseitenwänden einklemmbar sind, besteht. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Beim Stranggießen von Brammen vorzugsweise aus Stahl werden Formate des Abmessungsbereiches

270–40 mm Dicke  $\times$  3.500–600 mm Breite

gegossen. Dieser Brammenabmessungsbereich erfaßt die sogenannten Standard-Brammen mit den Abmessungen

270–150 mm Dicke  $\times$  3.000–600 mm Breite

die ausschließlich mit Rechteckkokillenformaten gegossen werden.

Die Dünnbrammen des Abmessungsbereiches

150–40 mm Dicke  $\times$  3.500–600 mm Breite

werden vorzugsweise vorwiegend mit einer Trichterkokille gegossen.

Bei beiden Kokillenformen kommt ein Tauchausguß, SEN (Submerge Entry Nozzle) und Stranggießpulver zum Einsatz. Die Medien zwischen der Strangmitte und dem Kokillenkühlwasser bestimmen den Wärmestrom, der bei einer vorgegebenen Kokillenkühlwassermenge durch die Temperaturenaufnahme des Kühlwassers bestimmt werden kann.

Der Wärmestrom in der Kokillenmitte, d. h. im Bereich des Tauchrohres, SEN weicht in der Regel von dem neben dem SEN ab und ist größer.

Die Ursache für die unterschiedlichen Wärmeströme über die Kokillenbreite sind die verschiedenen Gesamtwiderstände, die sich auf die Ausbildung unterschiedlicher Teilwiderstände der Medien Stahl/SEN/Schlackenfilm/Kupferplatte/Wassergrenzschicht/Wasser bzw. Stahl/Schlackenfilm/Kupferplatte/Wasser zurückführen lassen. In diesem Zusammenhang ist auf die verschiedenen spezifischen Wärmeleitfähigkeiten und die unterschiedlichen Dicken hingewiesen.

So beträgt die spezifische Leitfähigkeit einzelner Medien

Kupfer ca. 360 W/K  $\cdot$  m

Schlacke ca. 1 W/K  $\cdot$  m

Stahl ca. 50 W/K  $\cdot$  m

SEN ca. 10 W/K  $\cdot$  m,

womit die partiellen Gesamtwiderstände

$$R_{ges}^x = \sum R_i = \sum \left( \frac{l}{\lambda \cdot q} \right) i$$

über die Breite voneinander abweichen, d. h. sie können in den Bereichen des Tauchausgusses, SEN und neben dem Tauchrohr nicht gleich sein:

$$R_{ges}^{SEN} \neq R_{ges}^{außen}$$

Es besteht das Bedürfnis, diese partiellen Widerstände gleich einzustellen und darüber hinaus auf einen bestimmten Wert einzuregeln.

Der Stand der Technik wird mit den Patentschriften

DE 41 17 073 und DE 195 29 931 beschrieben.

In der Patentschrift DE 41 17 073 werden die Temperaturenaufnahmen der vier wassergekühlten Kokillenplatten als integrale Werte jeder einzelnen Platte gemessen und ausgewertet. Es werden keine partiellen Werte über die Kokillenbreite erfaßt und prinzipiell auch keine Wassermengen zum Kühlen verändert.

In der Patentschrift DE 195 29 931 wird eine Brammenkokille beschrieben, die aus mindestens drei voneinander unabhängigen Kühlkammersegmenten besteht, die im Bereich des Kokillenausgangs gesonderte Anschlüsse zur unabhängigen Zufuhr von Kokillenkühlwasser aufweisen. Mit dieser Anordnung sollen Unsymmetrien der spezifischen Wärmeströme zwischen dem Bereich Tauchausguß und den restlichen Kokillenbereichen erkannt werden und durch Konizitätsverstellung und Kühlwasserregelung ausgeglichen werden.

Im Gegensatz zu dem Stand der Technik ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Kokille zu beschreiben, die es ermöglichen, die Hauttemperatur der Cu-Platten der Kokille im Gießspiegelbereich "online" zu erfassen, um ein in Höhe und Verteilung optimales und konstantes Temperaturprofil der Cu-Plattenhaut im Gießspiegel auch bei wechselnder Kupferplattendicke einstellen zu können.

Ein konstantes und optimales Temperaturprofil in der Kupferplattenhaut über die gesamte Kokillenbreite ist Voraussetzung für

- eine minimale thermische Belastung der Strangschale und damit gute Strangoberflächenqualität,
- ein gleichförmiges und krustenfreies Aufschmelzen des Gießpulvers im Gießspiegel zu Gießschlacke,
- eine gleichförmige Ausbildung des Schlackenschmierfilms zwischen Strangschale und Kupferplatten,
- einen gleichförmigen Wärmestrom über die Breite des Stranges in die Kokillenplatten,
- eine kontrollierte und geregelte Temperatur der Kupferplattenhaut im Gießspiegelbereich,
- eine gleichförmige thermische Belastung der Kupferplatte vor allem im Gießspiegel über die gesamte Kupferplattenbreite und damit
- eine maximale Standzeit der Kokillen-Kupferplatten.

Dieses konstante und optimierte Temperaturprofil der Kupferplattenhaut ist auch bei unterschiedlichen oder dünner werdenden Cu-Plattendicken z. B. durch Nacharbeit zwischen zwei Einsatz-Kampagnen im Gießbetrieb oder bei unterschiedlichen Kupferqualitäten bzw. bei z. B. Ni-beschichteten Cu-Platten durch die entsprechenden Veränderungen in

- Wassermenge
- Wasserdruck bzw.
- Wasserfließgeschwindigkeit

zu kontrollieren.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der Patentansprüche.

Die Lösung der Aufgabe ist unabhängig vom Kokillentyp, wie z. B. der Senkrecht-, Senkrechtabbiege- oder Kreisbogenkokille. Auch bleibt es unbenommen, ob die Kokille eine rechteckige Form oder eine Trichterform im Gießspiegel aufweist. Die Stranggießgeschwindigkeit bei Einsatz der erfinderischen Kokille, die vorzugsweise oszilliert und mit einem hydraulischen Oszillatorantrieb versehen ist, liegen

zwischen 0,5 und 10 m/min.

Die Figuren dienen zur Veranschaulichung der folgenden beispielhaften Beschreibung der Erfindung. Es zeigen:

**Fig. 1** Darstellung des Temperaturprofils zwischen den Kupferplatten einer Kokille und der Strangschale unter Berücksichtigung des Gießpulvers und der Gießschlacke im Badspiegel und zwischen der Kupferplatte und der Strangschale,

**Fig. 2** eine Rechteckkokille mit den Störungen der Kupferplattenhauttemperatur im Gießspiegel und der partiellen Wärmeströme über die Kupferplattenbreite,

**Fig. 3** eine Rechteckkokille mit den erfinderischen Merkmalen, die zu einer kontrollierten und über die Breite konstanten Kupferplattenhauttemperatur führt,

**Fig. 4** eine Trichterkokille mit den Störungen in der linken Hälfte des Bildes a) und mit den erfinderischen Merkmalen, Bilder b) bis f), die zu einer kontrollierten und über die Breite konstanten Kupferplattenhauttemperatur führt,

**Fig. 5** eine Rechteckkokille mit den Störungen in der linken Hälfte des Bildes a) und mit den erfinderischen Merkmalen, Bild b), die zu einer kontrollierten und über die Breite konstanten Kupferplattenhauttemperatur führt.

**Fig. 1** zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Kokillenplatte **1** und einen Strang **2** in Gießrichtung. Der Strang wird mit Tauchausguß (SEN) **4** und Gießpulver **5** gegossen. Der Badspiegel **6**, der eine Temperatur von beispielsweise  $T_{\text{liq.}} = 1.500^{\circ}\text{C}$  aufweist, stellt in erster Näherung die Isothermie ( $7 - 1.500^{\circ}\text{C}$ ) dar, die gleichzeitig die innere Strangschale bildet. Die Kokille **1** weist in Gießspiegelhöhe (**6**) die höchste Temperatur **8** von beispielsweise  $400^{\circ}\text{C}$  auf und stellt den Ausgangspunkt für die  $400^{\circ}\text{C}$ -Isothermie ( $7 - 400^{\circ}\text{C}$ ) dar, die sich in den Raum zwischen Strangschalen **9** und Kokillenplatte **1**, gefüllt mit fester und flüssiger Gießschlacke **10** ausdehnt. Die Kupferplattenhauttemperatur weist beispielhaft eine Verteilung auf, wie sie in **Fig. 1** (Temperaturdiagramm) dargestellt ist. Vom Gießspiegel im Punkt **8** fallen die Temperaturen sowohl in Gießrichtung **3** als auch gegen die Gießrichtung zur Kupferplattenoberkante **12** hin auf z. B.  $50^{\circ}\text{C}$  ab.

Dieses Temperaturfeld zwischen der Kokillenplatte und der Strangschale mit seiner markanten und maximalen Temperatur **8** von  $400^{\circ}\text{C}$  in Gießspiegelhöhe kann durch Veränderung der Wasserkühlung und/oder Kupferplattendicke beeinflusst werden.

So kann die Temperatur der Kupferplatte in Gießspiegelhöhe **8** gesenkt werden durch

- Erhöhung der Wassermengen (Druck, Fließgeschwindigkeit, Volumen) und/oder durch
- eine geringere Kupferplattendicke.

Mit einer solchen Maßnahme kann, basierend auf dem Wärmestrom  $Q_2 > Q_1$ , die Temperatur der Cu-Platte im Gießspiegel **8** abgesenkt ( $T - Q_2 < (T - Q_1)$ ) und damit verbunden das Aufschmelzverhalten des Gießpulvers, begleitet von einer Krustenbildung **13**, beeinflusst werden.

Diese Zusammenhänge machen deutlich, daß für ein optimales Verfahren eine Temperaturmessung und die Temperaturregelung besonders im Gießspiegel von Wichtigkeit sind. Die bisher dargestellten Zusammenhänge zur Beeinflussung des Temperaturfeldes zwischen der Kupferplatte **1** und der Strangschale **9** gelten bisher nur in Gießrichtung **3**, bzw. es wird ein identisches Verhalten über die Gießbreite angenommen. Diese Voraussetzung gleicher Gießbedingungen über die Kokillenbreite kann nicht vorausgesetzt werden, da in der Mitte der Bramme z. B. ein Tauchausguß mit der spezifischen Leitfähigkeit von z. B.  $10 \text{ W/K m}$  zum Einsatz kommt. Dieser Tauchausguß, der beispielsweise eine äußere

Form von  $120 \times 200 \text{ mm}$  aufweist, nimmt direkt Einfluß auf den Wärmestrom, womit sich eine Unsymmetrie des Temperaturfeldes und des Wärmestromes etc. über die Kokillenbreite einstellt.

**Fig. 2** stellt schematisch die Breitseiten-Kupferplatte mit dem Wasserkasten **6** einer Rechteckkokille dar. Das Teilbild a) zeigt die Ansicht der Kupferplatte und Teilbild b) den Schnitt durch Kupferplatte und Wasserkasten.

Die Kupferplatte **1** ist über Spannschrauben **15** auf den Wasserkasten **16** geschraubt. Der Wasserkasten wird im unteren Bereich mit Kühlmedien, vorzugsweise mit Kühlwasser, in Menge und Druck über den Einlaß **17** versorgt.

Das Kühlwasser **19** strömt mit einer gewünschten Geschwindigkeit durch Auslaßöffnungen **20** in die Kühlschlitze **21** der Kupferplatten kontrolliert in Druck und Menge/Zeit, um dann durch Übergangsöffnungen **22**, die gleichförmig über die Breite des Wasserkastens (**16**) eingebracht sind, in dessen oberen Verteilerraum **23** einzuströmen. Von hier aus wird das Wasser über eine Auslaßleitung **24** dem Kokillenkreislauf, der in Druck und Menge regelbar ist, und der Wasseraufbereitung zugeführt.

Das Teilbild a) gibt die ungleichförmige Temperaturverteilung **25** über die aktive Kokillenbreite **26** zwischen den Schmalseiten **27** wieder. Im Bereich des Tauchausgusses, SEN **4** steigt die Temperatur der Cu-Plattenhauttemperatur an. Dieser partielle Anstieg kann durch die Temperaturmessung **22.1** in den Übergangsöffnungen **22** bei Kenntnis der Wassermenge bestimmt werden. Die absolute Temperatur in der Kupferplattenhaut und damit das partielle Temperaturprofil **28** über die Kokillennlänge unter gleichzeitiger Verwendung der partiellen Wärmeströme **22.1** in den Bereichen  $1/1'$  bis  $n/n'$  kann mit Hilfe von mindestens einem Thermoelement **29** in der Kupferplatte bestimmt werden. Vorzugsweise können hier die Thermoelemente einer Durchbruchsisicherung verwendet werden. **Fig. 2** macht die Aufgabenstellung nochmals klar.

In der **Fig. 3** ist nun für eine Rechteckkokille die Erfindung dargestellt.

Im Teilbild a) ist die Kokillenhauttemperatur des Gießspiegels **8** in den Bereichen neben dem Tauchausguß **30** der im Tauchausgußbereich **31** durch Verringerung der partiellen Wassermenge in den Zonen  $32 \ 1/1'$  bis  $n/n'$  des Bereiches **30** angeglichen worden sowie das absolute Temperaturniveau **8** auf einen bestimmten Wert eingestellt worden. Die Kombination der Thermoelemente **29**, der Wassertemperaturmessung **22.1** und der partiellen Wassermengen in den Zonen **32** erlauben die Kontrolle der Temperaturverteilung **25** über die Kokillenbreite und ihre absolute Höhe.

Die Wassermengen in den jeweiligen Wasserzonen **32** können z. B. durch eine Schieberplatte **33** - **Fig. 3 b)** -, die ein bestimmtes Profil aufweist, das dem Thermoprofil bei konstanter, partieller Wasserkühlung entspricht und die alle Übergangsöffnungen **22** im oberen Verteilerraum **23** des Wasserkastens gleichzeitig erfaßt, gesteuert werden.

Im Teilbild c) ist beispielhaft ein Regelventil **34** im oberen Verteilerraum **34** des Wasserkastens **16** eingebracht, das den Wasserdurchlaß in der Übergangsöffnung **22** regelt. Dieses Ventil könnte auch im unteren Verteilerraum **18** des Wasserkastens **16** angeordnet sein (**Fig. 2**).

**Fig. 4** stellt die Merkmale der Erfindung bei einer Trichterkokille, im Vergleich zum Stand der Technik in der linken Hälfte des Teilbildes a), dar.

Auch hier wird beispielhaft ähnlich wie in **Fig. 3** das partielle Wasser in den Wasserzonen **32** neben dem Tauchausgußbereich **30** unter Berücksichtigung des Trichters **35** mit seiner Umhüllenden **36** partiell erfaßt. Die Wassermengen können gesteuert werden mit der Schieberplatte **33** oder auch je Übergangsöffnung **22** mit einem Ventil **34** geregelt

werden.

In den Teilbildern b) und c) ist die Schieberplatte über die Kokillenbreite und -dicke und im Teilbild d) das beschriebene Regelventil 34 schematisch dargestellt. Das Teilbild e) stellt die Trichterkokille von der Aufsicht schematisch dar. Im Teilbild f) sind mechanische Einsätze 37 als eine einfache Lösung zur Drosselung von Übergangsöffnungen 22 dargestellt, die allerdings kein Steuern oder Regeln der Wassermengen zulassen und nur eine statische Lösung der Aufgabe darstellen.

Der Vorteil der Erfindung ist nochmals in Fig. 5 am Beispiel einer Rechteckkokille, vergleichend mit dem Stand der Technik, dargestellt. Das linke Teilbild a) stellt das sich einstellende Temperaturprofil 25 der Cu-Plattenhauttemperatur im Gießspiegel 8 über die Kokillenbreite dar. Im rechten Teilbild b) ist der Temperaturverlauf 25 bei Anwendung der erfinderischen Merkmale dargestellt. Es stellt sich eine konstante Temperatur 8 im Gießspiegel und gleichzeitig ein konstantes Temperaturfeld zwischen der Kupferplatte und der Strangschale 9 über die gesamte Kokillenbreite ein. Hierbei kann das absolute Temperaturniveau 38 gleichzeitig in bestimmten Grenzen gewählt werden.

Die verfahrenstechnischen Merkmale werden mit Hilfe der partiellen Wärmestrommessung 22.1, der partiellen Temperaturmessung 29 sowie den partiellen Vorrichtungen 33 oder 34 zur Wassermengenregelung, die als Kokillenvorrichtungsmerkmale den beschriebenen Regelkreis ermöglichen, eingesetzt, um

- die Qualität des Stranges zu verbessern und
- die Gießsicherheit sowie
- die Lebenszeit der Kokillenplatten zu erhöhen.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Breitseitenkokillenplatte, Schnitt in Gießrichtung
- 2 Strang, Schnitt in Gießrichtung
- 4 Tauchausguß, SEN
- 5 Gießpulver
- 6 Badspiegel, Gießspiegel
- 7 Isothermen ( $^{\circ}\text{C}$ )
- 8 Kokillenhaut in Gießspiegelhöhe mit der höchsten Temperaturbelastung von bspw.  $400^{\circ}\text{C}$  ( $T-Q_1$ ), die der Ausgangspunkt für die Isotherme ( $7 - 400^{\circ}\text{C}$ ) darstellt
- 9 Strangschale
- 10 feste und flüssige Gießschlacke
- 11 Verteilung der Kupferplattenhauttemperatur über die Kokillenhöhe
- 12 Kupferplattenoberkante
- $Q_1$  Wärmestrom mit Temperatur im Punkt (8) von ( $T-Q_1$ ) =  $400^{\circ}\text{C}$
- $Q_2$  Wärmestrom mit Temperatur im Punkt (8) von ( $T-Q_2$ ) <  $T-Q_1$
- $T-Q_1$  Temperatur der Kupferplatte im Gießspiegel bei dem Wärmestrom  $Q_1$
- $T-Q_2$  Temperatur der Kupferplatte im Gießspiegel bei dem Wärmestrom  $Q_2$ ,  $Q_2 > Q_1$ ,  $\{TQ_1\} > \{TQ_2\}$
- 13 Krustenbildung des Gießpulvers im Gießspiegel
- 14 Breitseitenkupferplatte mit Wasserkasten einer Rechteckkokille
- 15 Spannschrauben
- 16 Wasserkasten
- 17 Einlaß für Kühlwasser in Menge/Zeit und Druck in den unteren Verteilerraum (18) des Wasserkastens (16)
- 18 unterer Verteilerraum des Wasserkastens (16)
- 19 Kühlwasser in Menge/Zeit  $\times$  Druck und m/sec
- 20 Auslaßöffnungen vom unteren Verteilerraum des Was-

serkastens

- 21 Kupferkühlschlitze
- 22 Übergangsöffnungen in den oberen Verteilerraum
- 22.1 Wassertemperaturmessung in den Öffnungen (22)
- 23 oberer Verteilerraum des Wasserkastens (16)
- 24 Auslaßleitung für das Kokillenkühlwasser
- 25 Temperaturverteilung über die Kokillenbreite im Gießspiegel
- 26 aktive Kokillenbreite
- 27 Schmalseiten
- 28 partielles Temperaturprofil über die Kokillenhöhe
- 29 Thermoelement(e) in der Kupferplatte
- 30 Kokillenbreitenbereich neben dem Tauchausguß (4)
- 31 Kokillenbreite im Tauchausgußbereich
- 32 Wasserzonen 1/1' bis 5/5' (n/n')
- 33 Schieberplatte zum Steuern von Kokillenwasser
- 34 Regelventil im oberen Verteilerraum (23) des Wasserkastens (16)
- 35 Gießtrichter
- 36 Umhüllende des Gießtrichters in der Kokillenbreite (1)
- 37 mechanischer Einsatz in der Übergangsöffnung (22)
- 38 Temperaturniveau in der Kupferplatte in Gießspiegelhöhe (8)

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Brammen insbesondere aus Stahl, mit Hilfe einer Plattenkokille, die aus wassergekühlten, verstellbaren Schmalseitenwänden, die zwischen wassergekühlten Breitseitenwänden einklemmbar sind, besteht, und das folgende Schritte umfaßt

- Gießen mittels eines Tauchausgusses,
- Einsatz von Gießpulver zur Bildung von Gießschlacke,
- Oszillieren der Kokille,
- Messung der Temperaturverteilung der Kupferplattenhauttemperatur zumindest über die Kokillenbreite im Gießspiegelbereich,
- Regelung des partiellen Kühlwassers in Druck und/oder Menge über die Kokillenbreite zur Vergleichmäßigung und Kontrolle der Kupferplattenhauttemperatur im Gießspiegelbereich.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß über die Kokillenbreite die partiellen und über die Kokillenhöhe die integralen Wärmeströme gemessen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß über die Kokillenbreite diskrete Temperaturmessungen zur Bestimmung der Kupferplattenhauttemperatur auf der dem Stahl zugewandten Seite durchgeführt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß über die Kokillenbreite die partiellen Temperaturprofile und/oder Wärmestromprofile über die Kokillenhöhe bestimmt werden.

5. Stranggießkokille bestehend aus wassergekühlten Schmalseitenwänden (27), die zwischen zwei wassergekühlten Breitseitenwänden (2) stehen, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, die folgende Elemente enthält:

- einen Tauchausguß (4),
- Gießpulverzufuhr, Pulver oder Granulat (5),
- oszillierende Kokille,
- Wassertemperaturmeßfühler (22.1) in den Übergangsöffnungen (22) zwischen den Kühlschlitzen und dem oberen Verteilerraum (23) des Wasserkastens (16),

Regelorgane (33, 34), vorzugsweise im oberen Verteilerraum (23) des Wasserkastens (16), zur partiellen Kontrolle des Kühlmediums Wasser in seiner Durchflußmenge.

6. Stranggießkokille nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Thermoelemente (29) in den Schmalseitenwänden (27) und/oder in den Breitseitenwänden (1) eingebaut sind. 5

7. Stranggießkokille nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe der Temperaturmeßfühler (22.1) und mindestens einem Thermoelement (29) über die Kokillenbreite partielle Wärmestromprofile und/oder Temperaturprofile über die Kokillenhöhe erstellt werden, mit denen die gewünschte Temperaturverteilung über die Kokillenbreite des Gießspiegels (25) mit Hilfe von Wassermengenregelventilen (34), die in den Übergangsöffnungen (22) zwischen den Kupferkühlschlitzten (21) und dem oberen Verteilerraum (23) des Wasserkastens (16) angebracht sind, eingestellt und während des Gießprozesses kontrolliert wird. 10 15 20

8. Stranggießkokille nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß statt der Wassermengenregelventile (34) eine Schieberplatte (33) zum Steuern der Kühlwassermengen eingesetzt wird. 25

9. Stranggießkokille nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Voreinstellung der Wassermengen an den Übergangsöffnungen (22) mechanische Einsätze (37) zum Einsatz kommen. 30

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

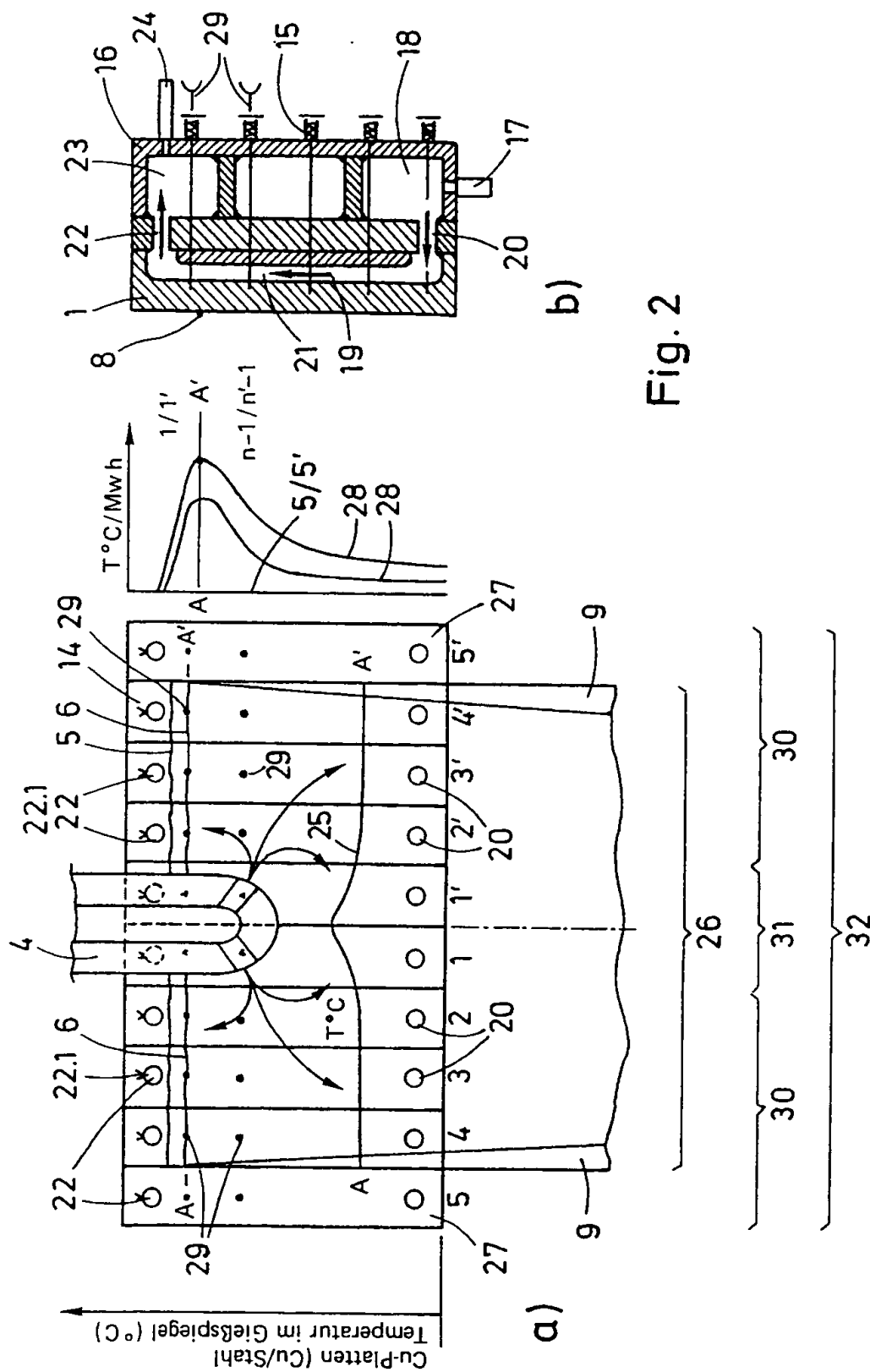
50

55

60

65





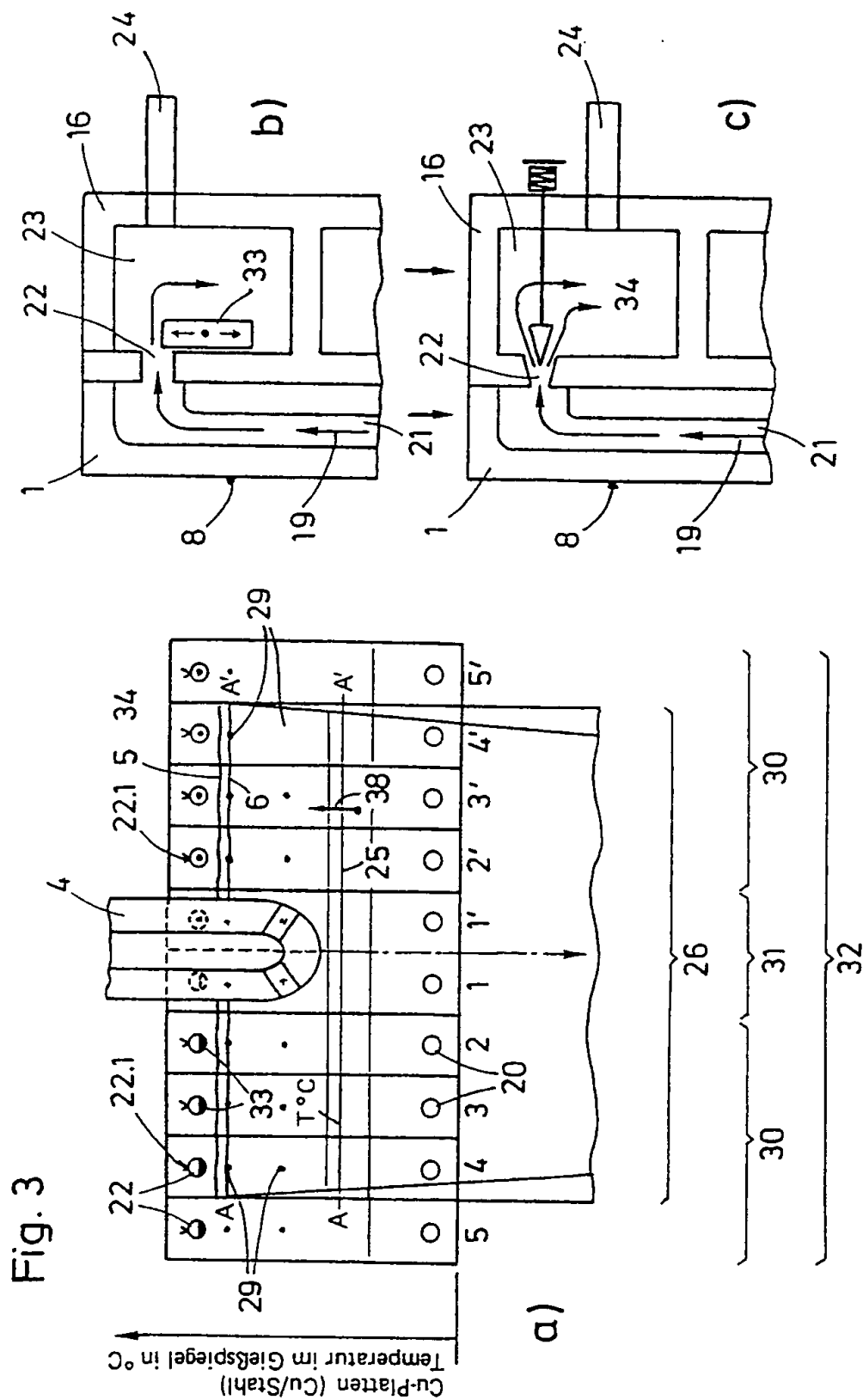




Fig. 4

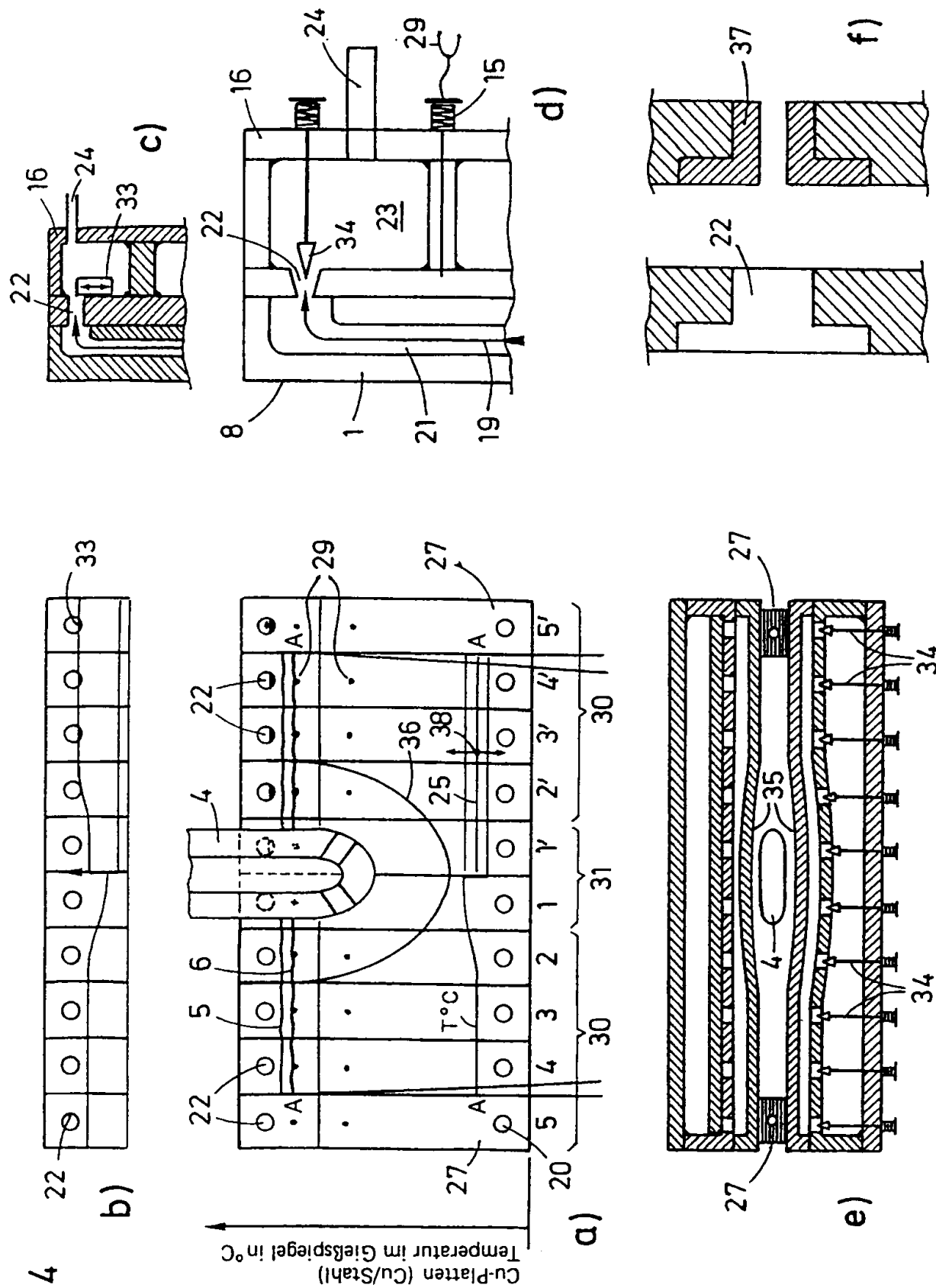


Fig. 5

